



## DISEÑO DE TANQUES EN ACUICULTURA INTENSIVA

**El diseño apropiado de los tanques para una instalación acuícola debe ajustarse al comportamiento de la especie, optimizando su actividad natatoria y mejorando el bienestar a través de la reducción del nivel de estrés. Asimismo, permitirá hacer un uso más eficiente del espacio disponible para la instalación, del caudal de agua aportado y del oxígeno incorporado, minimizando las regiones de estancamiento (zonas muertas) y las corrientes de cortocircuito en el interior del tanque (Timmons et al. 1998). Finalmente, deberá facilitar la eliminación de las heces y del pienso no ingerido, disminuyendo el riesgo sanitario y el impacto medioambiental de la actividad acuícola.**

Tradicionalmente hemos clasificado los tanques acuícolas en función de su

geometría, estableciendo dos grandes grupos: Los tanques circulares y los tanques rectangulares o raceways. Ambas geometrías presentan ventajas e inconvenientes remarcables.

Los tanques circulares disponen normalmente de una entrada de agua tangencial que facilita la formación de un vórtice en su interior, lo que permite alcanzar mayores velocidades y al mismo tiempo mejorar la uniformidad de las condiciones ambientales (concentraciones de oxígeno y metabolitos) en su interior, favoreciendo una distribución más uniforme de los peces. Asimismo, la mayor velocidad del agua, combinada con la formación de un flujo secundario en el fondo del tanque circulando del perímetro exterior hacia el centro, facilita su limpieza.

Los raceways son usados desde hace muchos años en las instalaciones acuícolas, principalmente por la facilidad de construcción, la facilidad para la pesca o

clasificación de los peces y por la optimización en el uso del espacio disponible. Sin embargo, tienen asociados algunos problemas desde el punto de vista hidrodinámico: en ellos la velocidad del agua suele ser menor, favoreciendo la acumulación de heces y pienso no ingerido en el fondo del tanque, y es más frecuente la presencia de corrientes de cortocircuito y la aparición de zonas muertas, produciendo condiciones ambientales más heterogéneas, especialmente en las zonas más próximas a la entrada de agua (Oca et al. 2004).

Existen algunos diseños que tratan de combinar las ventajas hidrodinámicas de los tanques circulares con las ventajas constructivas y de manejo de los tanques rectangulares. Entre ellas cabe destacar el tanque multivórtice propuesto por Watten et al (2000) (Figura 1), consistente en un tanque rectangular en el que las entradas y salidas de agua se disponen de modo que se favorezca la formación

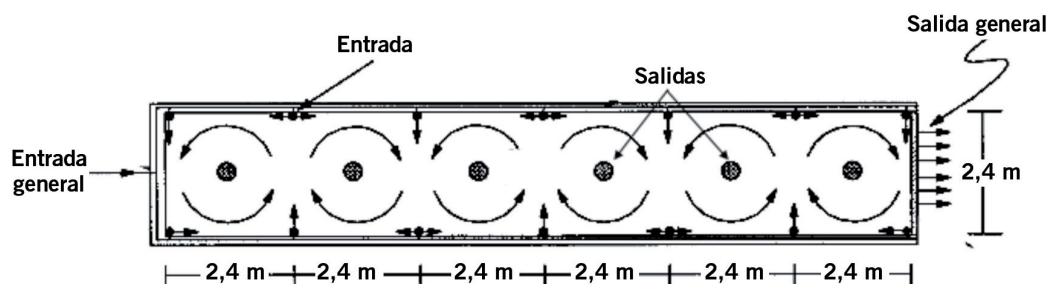
de múltiples vórtices idénticos, con un comportamiento hidrodinámico similar al de los tanques circulares [ver Figura 1].

Independientemente de la forma geométrica de los tanques, es necesario en todos los casos observar algunos criterios que pueden contribuir en gran medida a mejorar las condiciones de cultivo. Concretamente, vamos a centrarnos en el control de la velocidad del agua y la autolimpieza de las heces y pienso no ingerido (biosólidos).

### VELOCIDAD DEL AGUA EN LOS TANQUES

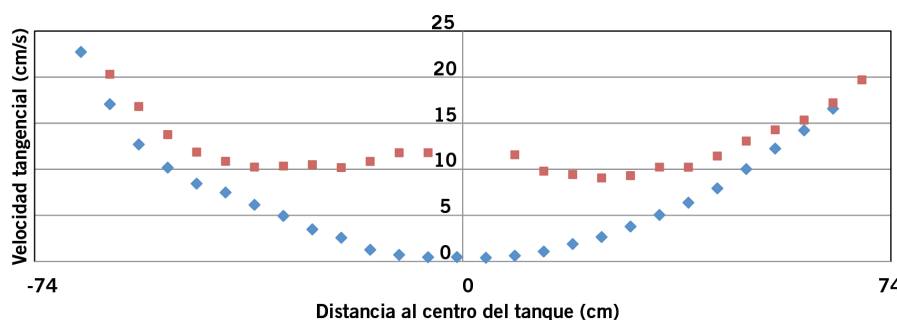
Un nivel óptimo de ejercicio puede tener importantes efectos beneficiosos para la acuicultura, entre los que cabe destacar incrementos sensibles en la eficiencia de alimentación, tasa de crecimiento, calidad de la carne, supervivencia y bienestar por reducción del estrés (Palstra and Planas 2011). Sin embargo, frecuentemente, el diseño de las instalaciones acuícolas presta escasa atención a la capacidad de controlar la velocidad del agua en los tanques, que es el factor básico que condiciona la actividad natatoria de la mayoría de especies.

En general, el caudal de recirculación de un tanque viene determinado, en primera instancia, por el consumo de oxígeno de la biomasa. En el caso de los tanques rectangulares, habrá que ajustar la geometría del tanque a los requerimientos de velocidad. Así, partiendo de la base que el caudal de entrada vendrá determinado por la cantidad de biomasa, podemos decir que la velocidad del agua aumentará con la longitud del tanque y con la densidad volumétrica de cultivo. En el proceso de decisión de las dimensiones de un raceway deberemos calcular 1) El caudal de recirculación en función de la biomasa que vamos a introducir, 2) El volumen de agua del tanque en función de la densidad volumétrica deseada, 3) La longitud y la sección transversal del tanque. En este punto debemos tener en cuenta que, para un volumen determinado, al aumentar la longitud disminuiríamos la sección transversal y aumentaremos la velocidad del agua. Así pues, es importante ajustar la longitud del tanque para que la velocidad del agua sea la deseada.

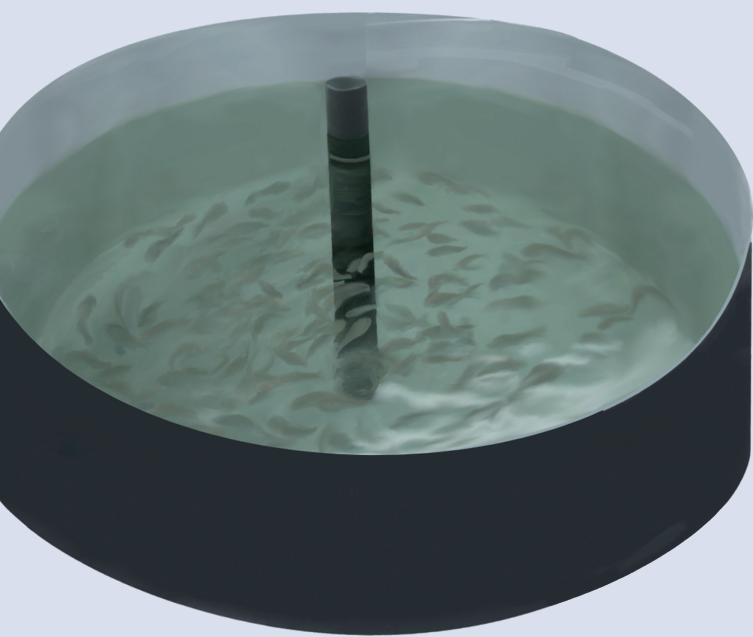


**Figura 1**  
Tanque multivórtice propuesto por Watten et al (2000).

Independientemente de la forma geométrica de los tanques, es necesario en todos los casos observar algunos criterios que pueden contribuir en gran medida a mejorar las condiciones de cultivo. Concretamente, vamos a centrarnos en el control de la velocidad del agua y la autolimpieza de las heces y pienso no ingerido (biosólidos).



**Figura 2**  
Resultados experimentales de la velocidad tangencial obtenida con salida de agua en el centro del tanque (punto rojo) y con salida de agua a través de la pared (punto azul).

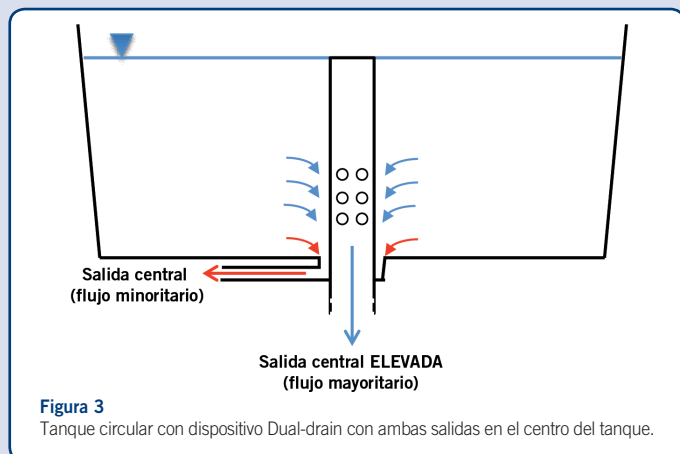


En el caso de los tanques circulares y de los multivórtices la masa del agua del tanque girará alrededor del eje central del vórtice, con velocidades tangenciales que dependerán del impulso aplicado por el chorro de agua de entrada (Oca y Masaló 2007). Para un mismo caudal de entrada, el impulso variará al variar el diámetro y la dirección del orificio de entrada. Esto nos permite modificar las velocidades en el interior del tanque variando las características de la entrada de agua. En cuanto a la distribución de velocidades en el interior del tanque, estas cambiarán de forma muy sensible en función del emplazamiento de la salida de agua. En la figura se muestra la distribución de las velocidades en dos tanques con idéntico dispositivo de entrada. Uno de ellos con la salida en el centro y el otro con la salida a través

de la pared del tanque. Se observa que en el primer caso las velocidades tangenciales en la parte interior del tanque aumentan de forma muy considerable [ver Figura 2].

#### AUTOLIMPIEZA DE LAS HECES Y PIENSO NO INGERIDO

Los biosólidos que se generan como consecuencia de la alimentación deben eliminarse de dentro del tanque, ya que por el contrario consumirán una parte del oxígeno disponible para los peces y generarían un aporte secundario de amonio (el principal aporte sería la excreción de los propios peces). Además de eliminarlos del tanque hace falta poder recuperarlos posteriormente para tratarlos o en todo caso para no verterlos al medioambiente.



La eliminación de los biosólidos del tanque dependerá por un lado de la velocidad del agua, que contribuirá a resuspender y/o arrastrar los biosólidos, y por otro lado de la actividad natatoria de los propios peces, que generará una turbulencia añadida que contribuirá también a la resuspensión (Masaló et al. 2008). Así al aumentar la densidad de cultivo en peces pelágicos facilitamos la autolimpieza del fondo del tanque.

En los tanques circulares la eliminación de los biosólidos se ve facilitada por el "efecto de las hojas de té". Es fácil observar este efecto al remover una taza con hojas de té. Al dejar de remover observamos que se forma un vórtice y que las hojas se concentran en la parte central. Este efecto favorece la autolimpieza de los tanques circulares y multivórtices.

Durante la última década se han diseñado diferentes tipos de dispositivos para tanques circulares con el fin de concentrar los biosólidos a la salida de los tanques y facilitar su tratamiento. Estos dispositivos reciben el nombre de Dual-drain y consisten en una doble salida de agua del tanque (flujo mayoritario y flujo minoritario) (Figura 3). Una salida se emplaza en el fondo del tanque por donde se recogen los biosólidos con una pequeña cantidad de agua (flujo minoritario); la segunda salida se encuentra elevada y recoge del orden del 90% del agua del tanque (flujo mayoritario). En la mayoría de los sistemas el flujo mayoritario también sale por el centro de la célula de flujo rotacional, en un punto elevado; mientras que en otros sistemas este flujo mayoritario sale por un punto elevado en la pared del tanque. Normalmente, el agua que sale por el fondo representa un 5-20% del total del agua, pero contiene del 80 al 90% de los biosólidos presentes en el tanque. Esta concentración de los biosólidos en un volumen reducido de agua hace más eficiente el sistema de tratamiento de agua, que será distinto para el flujo minoritario con alta carga de biosólidos que para el resto [ver Figura 3].

Últimamente se ha diseñado el sistema Triple-drain que presenta tres salidas; el flujo minoritario sale por el fondo del tanque, como en los casos anteriores, y luego tienen dos salidas

elevadas para el flujo mayoritario, una en la pared del tanque y otra en el centro del vórtice.

En el caso de los tanques rectangulares, los biosólidos se depositarán en el fondo del tanque o se mantendrán en suspensión y serán arrastrados por el flujo de agua en función de la velocidad del agua y de la turbulencia generada por la actividad natatoria de los peces. En este último caso, suele ser recomendable recogerlos en el mismo tanque, creando una zona de decantación en la parte final, separada de la zona de cultivo mediante una reja que impide el acceso a los peces, facilitando así que los biosólidos sedimenten en el fondo de la zona de decantación. ■

#### BIBLIOGRAFÍA

- Masaló, I., Guadayol, O., Peters, F., Oca, J. (2008) Analysis of sedimentation and resuspension processes of aquaculture biosolids using an oscillating grid. *Aquacultural Engineering* 38 (2), pp 135-144.
- Oca, J., Masaló, I. (2007) Design criteria for rotating flow cells in rectangular aquaculture tanks. *Aquacultural Engineering* 36, pp 36-44.
- Oca, J., Masaló I., Reig, L. (2004) Comparative analysis of flow patterns in aquaculture rectangular tanks with different water inlet characteristics. *Aquacultural Engineering* 31, pp 221-236.
- Palstra, A.P., Planas J.V. (2011) Fish under exercise. *Fish Physiology and Biochemistry* (2011) 37:259-272.
- Timmons, Summerfelt, Vinci. (1998) Review of circular tank technology and management. *Aquacultural engineering*, 18, 51-69.
- Watten, B.J., Honeyfield, D.C., Schwartz, M.F. (2000) Hydraulic characteristics of rectangular mixed-cell rearing unit. *Aquacultural Engineering* 24, pp 59-73.